

51

Int. Cl. 3:

G 02 B 5/14

19 **BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND**

DEUTSCHES PATENTAMT



DE 29 16 961 A 1

11

Offenlegungsschrift 29 16 961

21

Aktenzeichen: P 29 16 961.7

22

Anmeldetag: 26. 4. 79

43

Offenlegungstag: 6. 11. 80

31

Unionspriorität:

32 33 31

54

Bezeichnung: Ein-Auskoppler für Multimode-Lichtleitfasern

71

Anmelder: Siemens AG, 1000 Berlin und 8000 München

72

Erfinder: Witte, Hans-Hermann, Dipl.-Phys. Dr.rer.nat., 8000 München

DE 29 16 961 A 1

Patentansprüche:

- 5 (1) Ein-Auskoppler in Planartechnik für Multimode-Licht-
leitfasern, bei dem die Verbindung zwischen zwei aus-
gangsseitigen Mantelfasern und mindestens einer eingangs-
seitigen Mantelfaser durch ein Verbindungselement er-
folgt, das an den Koppelstellen stumpf an die Mantelfa-
sern anstößt, dadurch g e k e n n z e i c h n e t , daß
das Verbindungselement aus mindestens zwei Verbindungs-
10 fasern (2, 3) ohne oder nur mit sehr dünnem Mantel besteht,
daß der Durchmesser dieser Fasern (2, 3) annähernd gleich
dem Kerndurchmesser der Mantelfasern (1, 4, 5) gewählt
ist und daß die Achsen aller Fasern (1-5) in einer Ebene
liegen und an Koppelstellen, an denen nur eine Verbin-
15 dungsfaser (2, 3) ankommt, fluchten.
2. Ein-Auskoppler nach Anspruch 1, dadurch g e k e n n-
z e i c h n e t , daß der Mantel der Verbindungsfasern
(2, 3) kleiner als 5% des Kerndurchmessers ist.
- 20 3. Ein-Auskoppler nach Anspruch 1 oder 2, dadurch g e-
k e n n z e i c h n e t , daß die Mantelfasern (1, 4, 5)
um ihre Manteldicke (d) relativ zu den Verbindungsfasern
(2, 3) abgesenkt sind.

SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT
Berlin und München

Unser Zeichen
VPA 79 P 7 057 BRD

Ein-Auskoppler für Multimode-Lichtleitfasern.

- Die Erfindung betrifft einen Ein-Auskoppler in Planartechnik für Multimode-Lichtleitfasern, bei dem die Verbindung zwischen zwei ausgangsseitigen Mantelfasern und mindestens einer eingangsseitigen Mantelfaser durch ein Verbindungselement erfolgt, das an den Koppelstellen stumpf an die Mantelfasern anstößt.
- 10 Derartige Koppler sind bereits aus der DE-OS 26 25 855 bekannt. Als Verbindungselement dient dabei ein dielektrischer Wellenleiter quadratischen Querschnitts mit einer Kantenlänge, die gleich der Summe aus dem Durchmesser des Faserkerns und der Manteldicke der
- 15 Mantelfaser ist. Der Wellenleiter besteht aus einem geradlinigen Stück zwischen einer ankommenden und einer weiterführenden Mantelfaser und einem gekrümmten Stück, das mit Versatz an das geradlinige Stück anschließt und zu einem Abzweig führt.

Gd1 1 Bla

030045/0309

Aus dieser Offenlegungsschrift ist ebenfalls bekannt,
die ankommende und die weiterführende Mantelfaser
direkt mit Versatz stumpf aufeinanderstoßen zu lassen
und die Auskopplung zu dem Abzweig über einen gekrümm-
5 ten Wellenleiter vorzunehmen.

Es ist auch bereits vorgeschlagen, die ein- und aus-
gangsseitigen Mantelfasern direkt mit Versatz stumpf
aufeinanderstoßen zu lassen. Bei all diesen bekannten
10 Kopplern werden die geometrischen Einfügeverluste an den
Koppelstellen durch die Fasermäntel erhöht. So können
sich beispielsweise bei einem Koppler, bei dem die Man-
telfasern direkt aufeinanderstoßen, die Kerne der bei-
den ausgangsseitigen Mantelfasern nur bis auf einen
15 Abstand nähern, der gleich der doppelten Manteldicke ist.
Das durch die eingangsseitige Faser ankommende Licht,
das in diese Mantelbereiche übergekoppelt wird, ist prak-
tisch verloren. Ähnlich liegen die Verhältnisse bei
den aus der DE-OS 26 25 855 bekannten Kopplern, wie ins-
20 besondere die Fig. 2 und 3 sowie 5 und 6 zeigen. Diese
Einfügeverluste machen sich mit zunehmender Manteldicke
immer stärker bemerkbar.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde,
25 bei Ein-Auskopplern der eingangs genannten Art die geo-
metrisch bedingten Einfügeverluste auf einfache Art zu
verringern und damit den Einsatzbereich dieser Koppler
zu erweitern.

30 Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß
das Verbindungselement aus mindestens zwei Verbindungs-
fasern ohne oder nur sehr dünnem Mantel besteht, daß
der Durchmesser dieser Fasern annähernd gleich dem Kern-
durchmesser der Mantelfasern gewählt ist, und daß die
35 Achsen all r Fas rn in iner Eb n liegen und an Koppel-

stellen, an denen nur eine Verbindungsfaser ankommt, fluchten. Bei derartigen Kopplern sind die Einfügeverluste unabhängig von der Dicke der Fasermäntel der ein- und ausgangsseitigen Fasern. Diese können daher beliebig dicke Mäntel haben. Das ermöglicht es beispielsweise beim Einsatz derartiger Koppler in Datensystemen, für die ein- und ausgangsseitigen Mantelfasern des Kopplers die gleichen Fasern zu verwenden wie im Datensystem, beispielsweise also Mantelfasern mit einem Kerndurchmesser von 80 μm und einem Gesamtdurchmesser von 125 μm . Dadurch vereinfacht sich der Steckeraufbau an der Verbindungsstelle zwischen den Systemfasern und dem Koppler. Wichtig ist in jedem Fall, daß der Gesamtdurchmesser (Kerndurchmesser + 2 mal Mantelstärke) der Verbindungsfasern gleich dem Kerndurchmesser der Mantelfasern ist. Stoßen eingangsseitig zwei Verbindungsfasern auf eine Mantelfaser, so wird ein Teil des ankommenden Lichtes in die Mäntel der Verbindungsfasern eingekoppelt. Fluchten die Achsen dieser Verbindungsfasern ausgangsseitig mit je einer Mantelfaser, so wird das im Mantel der Verbindungsfaser geführte Licht wieder in den Kern der Mantelfaser eingekoppelt. Es geht somit nicht verloren, wenn man von den geringfügigen Verlusten im Mantel absieht.

In Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, daß der Mantel der Verbindungsfasern kleiner als 5% des verwendeten Kerndurchmessers ist. Eine bevorzugte Mantelstärke liegt bei den üblichen Kerndurchmessern bei 2 bis 3 μm . Die geometrisch bedingten Einfügeverluste werden bei dieser Mantelstärke am geringsten. Bei Verbindungsfasern ohne Mantel können zusätzliche Verluste an der Grenzfläche der Faser zur Umgebung auftreten. Wegen der kurzen Längen dieser Verbindungsfasern (in der Größenordnung von 1 cm) fallen diese Verluste praktisch

nicht ins Gewicht. Dieser erfindungsgemäße Koppler
läßt sich besonders vorteilhaft in Abzweigen einsetzen,
bei denen nur ein geringer Teil des ankommenden Lichtes
ausgekoppelt werden soll. Die erreichbaren Einfügever-
5 lyste sind bei einigen % Auskopplung kleiner als 0,5 dB.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist
vorgesehen, daß die Mantelfasern um ihre Manteldicke
relativ zu den Verbindungsfasern abgesenkt sind. Ver-
10 wendet man beispielsweise als Trägersubstrat Silizium,
so lassen sich die entsprechenden Nuten zur Aufnahme
der einzelnen Fasern besonders einfach durch Vorzugs-
ätzen herstellen. Mit dieser Technik lassen sich Grä-
ben unterschiedlicher Breite und Tiefe sehr genau er-
15 zeugen.

Eine weitere vorteilhafte Möglichkeit zum Höhenausgleich
besteht im Unterlegen einer geeigneten Folie in der
Dicke des Mantels der Mantelfasern unter die Verbindungs-
20 fasern. Ebenso kann eine Folie zur Fixierung der ein-
zelnen Fasern verwendet werden. Fasergräben können dann
z.B. in bekannten fotolithografischen Prozessen erzeugt
werden. Da diese Folien eine gewisse Elastizität be-
sitzen, kann man die Gräben zunächst etwas schmaler her-
25 stellen als der entsprechende Faserdurchmesser ist. Mit
etwas Druck lassen sich die Fasern dann in diese Gräben
einpressen.

Der erfindungsgemäße Koppler ist nicht auf einen Ab-
30 zweig beschränkt, bei dem das Licht von einer ankomen-
den Faser zu einer weiterführenden Faser und zusätzlich
zu einem Abzweig gekoppelt wird, sondern er eignet sich
ebenso für eine erweiterte Ein-Auskoppel-Struktur, bei
der neben der ankommenden Faser eine zusätzliche Ein-
35 koppelfaser vorgesehen ist, deren Licht ebenfalls über

eine weitere Verbindungsfaser beispielsweise in die weiterführende Faser eingekoppelt werden soll.

5 Im Hinblick auf die Anwendung z.B. in Datenbussen in T-Netzstruktur eignen sich die erfindungsgemäßen Koppler besonders, da der Ein- und Auskoppelfaktor unabhängig voneinander vorgegeben werden kann. Dies ist in Datenbusstrecken mit vielen in T-Struktur angeordneten Teilnehmern wichtig, um den anderenfalls erforderlichen großen dynamischen Bereich der Detektoren
10 von mehreren Dekaden ganz drastisch zu reduzieren.

Im folgenden werden anhand von fünf Figuren zwei Ausführungsbeispiele der Erfindung näher beschrieben und erläutert.
15

Dabei zeigt Fig.1 einen Koppler mit einer ankommenden, einer weiterführenden und einer Auskoppelfaser.

20 Fig.2 zeigt einen nicht maßstabsgetreuen Längsschnitt durch Fig.1 entlang der Linie A-B.

Fig.3 zeigt die Erweiterung des Kopplers gemäß der Fig.1 zu einer Ein-Auskoppel-Struktur.

25 Die Fig.4 zeigt einen Querschnitt durch den Koppler gemäß der Fig.1 an der Koppelstelle S.

30 Die Fig.5 schließlich zeigt die Transmissions-Koeffizienten zwischen den einzelnen Fasern und die geometrisch bedingten Einfügeverluste an der in der Fig.4 dargestellten Koppelstelle als Funktion des Versatzes a.

35 Di Fig.1 zeigt in Draufsicht eines ersten Ausführungsbeispiels.

79 P 7 05 7 BRD

rungsbeispiels eines Ein-Auskopplers. Eine erste Licht-
leitfaser 1 stößt an einer Koppelstelle S gegen zwei
Verbindungsfasern 2 und 3, über die eine weiterführende
Faser 4 und eine Auskoppelfaser 5 angekoppelt sind. Die
5 Lichtleitfasern 1, 4 und 5 sind dabei Mantelfasern mit
relativ dickem Mantel 1', 4', 5'. Die Verbindungsfasern
2 und 3 hingegen bestehen nur aus dem Kern.

Der dargestellte Koppler ist auf einem Substrat (nicht
10 dargestellt) angeordnet. Zur Lagefixierung der einzel-
nen Fasern auf dem Substrat dienen Anschläge 7 bzw. 8.
Anstelle dieser Anschläge können auch Führungsgräben in
das Substrat geätzt werden. Die Achsen der Verbindungs-
fasern 2 und 3 liegen mit der Achse der ankommenden Man-
15 telfaser 1 in einer Ebene. Die Achsen der Verbindungs-
faser 2 und der weiterführenden Faser 4 fluchten ebenso
wie die Achsen der Verbindungsfasern 3 und der Auskoppel-
faser 5. Der Durchmesser der Verbindungsfasern (2, 3)
ist gleich dem Kerndurchmesser der Mantelfasern (1, 4, 5)
20 gewählt. Die Verbindungsfasern können auch einen dün-
nen Mantel besitzen. Dann muß der Gesamtdurchmesser die-
ser Fasern gleich dem Kerndurchmesser der Mantelfasern
sein.

25 Fig.2 zeigt einen Längsschnitt durch den Koppler entlang
der Linie A-B. Zusätzlich ist das Substrat 12 ange-
deutet, das beispielsweise aus Glas, Silizium oder aus
Kunststoff bestehen kann. Auf diesem Substrat liegt die
ankommende Mantelfaser 1 und die Auskoppelfaser 5. Zwi-
30 schen beiden befindet sich die Verbindungsfaser 3. Da-
mit die geometrischen Einfügeverluste möglichst klein
sind, ist die Verbindungsfaser 3 um die Manteldicke der
Mantelfasern 1 bzw. 5 angehoben worden. Dies geschieht
durch Unterlegen einer Folie 9 mit der Dicke der Faser-
35 mäntel.

- Die Fig.3 zeigt eine Erweiterung des Ausführungsbeispiels gemäß der Fig.1 zu einer Ein-Auskoppel-Struktur. Gleiche Teile sind mit gleichen Bezugszeichen versehen. In diesem erweiterten Ausführungsbeispiel ist zusätzlich eine Einkoppelfaser 10 vorgesehen – ebenfalls eine Mantelfaser mit einem Mantel 10' –, die durch eine weitere Verbindungsfaser 11 ohne Mantel mit der weiterführenden Faser 4 in Verbindung steht. Der Durchmesser der einzelnen Fasern und ihre Höhe sind ebenso wie bei dem Ausführungsbeispiel gemäß der Fig.1 so gewählt, daß die geometrischen Einfügeverluste möglichst klein werden. Mit 7 und 8 sind wiederum Anschläge für die Lagefixierung der Fasern angedeutet.
- 15 Das Licht kann sich in den Kopplern gemäß dieser beiden Ausführungsbeispiele entsprechend den Pfeilen an den Lichtleitfasern 1, 4, 5 und 10 fortpflanzen. Der Koppler gemäß der Fig.1 dient dann als Auskoppler. Ebenso ist es jedoch möglich, die Ausbreitungsrichtung des Lichtes umzukehren. Wie besonders deutlich am Ausführungsbeispiel gemäß der Fig.3 zu ersehen ist, können der Ein- bzw. der Auskoppelfaktor unabhängig voneinander vorgegeben werden.
- 25 Fig.4 zeigt im Querschnitt den Koppler gemäß der Fig.1 an der Koppelstelle S. Wiederum sind gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen versehen. Der Kern der ankommenden Faser 1 und die Verbindungsfasern 2 und 3 besitzen den gleichen Radius r_K . Die ankommende Faser 1 besitzt einen Mantel 1' der Dicke d . Wie man dieser Figur entnehmen kann, können sich die lichtführenden Verbindungsfasern berühren, so daß eine maximale Überkopplung des ankommenden Lichtes möglich ist.
- 35 Die geometrischen Transmissions-Koeffizienten von der

ankommenden Faser 1 zur weiterführenden Faser 4, η_{12} , sowie von der ankommenden Faser 1 zur abzweigenden Faser 5, η_{13} , ergeben sich aus einfachen geometrischen Überlegungen als Verhältnis der sich überlappenden Flächen F_2 bzw. F_3 zur gesamten Kernfläche. Zur besseren Kenntlichmachung sind die Flächen F_2 und F_3 mit einer durchgehenden Schraffur versehen. Die Berechnung kann gleichermaßen wie bereits bei den Kopplern der DE-OS 26 25 855 vorgenommen werden. Die Transmissions-Koeffizienten ebenso wie der geometrisch bedingte Gesamtverlust ergeben sich als Funktion des Versatzes a . Der Gesamtverlust v_g bestimmt sich zu

$$v_g = 1 - (\eta_{12} + \eta_{13}).$$

15

Wie dieser Fig.4 deutlich zu entnehmen ist, würden die für die Größe der Überkopplung verantwortlichen Flächen F_2 und F_3 sehr viel kleiner, wenn die Fasern 2 und 3 ebenso wie die ankommende Faser 1 mit einem dicken Mantel umgeben wären.

20

In der abschließenden Fig.5 sind die Transmissions-Koeffizienten η_{12} , η_{13} und der geometrisch bedingte Gesamtverlust v_g für einen Koppler gemäß dem Ausführungsbeispiel der Fig.1 mit Kerndurchmessern von 100 μ m als Funktion des Versatzes a dargestellt. Auf der Abszisse ist der Versatz a in μ m aufgetragen, auf der Ordinate in % die Transmissions-Koeffizienten oder der Gesamtverlust.

25

Wie man im Zusammenhang mit der Fig.4 leicht ersehen kann, fallen bei einem Versatz $a = 0$ die Kernfläche der ankommenden Faser 1 und die Fläche der Verbindungsfaser 2 zusammen, d.h. das ankommende Licht wird vollständig in die weiterführende Faser 4 übergeköpelt. Der Transmissions-Koeffizient η_{12} ist 1 oder 100%. In

35

- die Auskoppelfaser wird in diesem Fall selbstverständlich nichts übergekoppelt; der Transmissions-Koeffizient γ_{13} ist somit 0. Geometrisch bedingte Einfügeverluste können nicht auftreten, der geometrische Gesamtverlust
- 5 v_g ist ebenfalls 0. Mit zunehmendem Versatz a nimmt der Transmissions-Koeffizient γ_{12} ab und der Transmissions-Koeffizient γ_{13} zu. Gleichzeitig nehmen die Gesamtverluste zu. Entspricht der Versatz a dem halben
- 10 Kerndurchmesser, so sind die beiden Flächen F_2 und F_3 gleich groß. Bei weiter steigendem Versatz kehren sich die Verhältnisse um.

- Wie man der Fig.5 entnehmen kann, eignet sich dieser Einkoppler gemäß der Fig.1 besonders für Abzweige mit
- 15 geringer Auskopplung.

- Bei den dargestellten Ausführungsbeispielen wurden stets Verbindungsfasern ohne Mantel verwendet. Ähnlich günstige Verhältnisse sind ebenfalls mit Verbindungsfasern mit
- 20 Mantel zu erzielen, solange die Dicke dieser Fasermäntel sehr klein im Vergleich zum Faserkerndurchmesser ist.

3 Patentansprüche

5 Figuren

Nummer:
Int. Cl.2:
Anmeldetag:
Off nlegungstag:

29 16 981
G 02 B 5/14
26. April 1979
6. N vember 1980

- 13 - 79 P 7 0 5 7 BRD

2916961

1/3

FIG 1

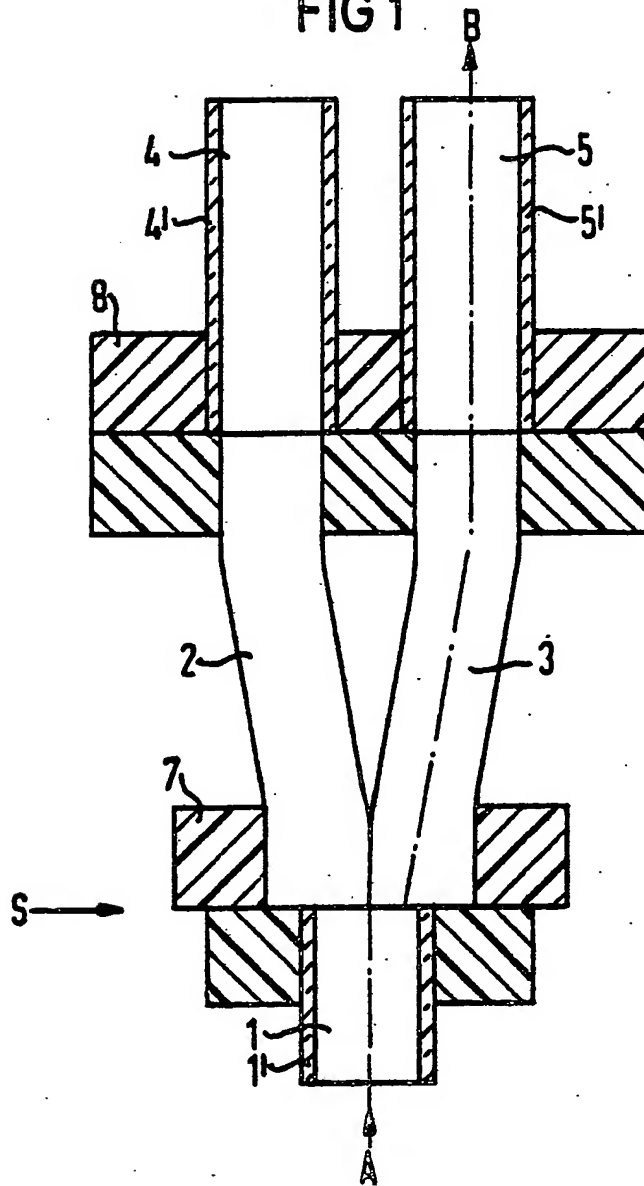
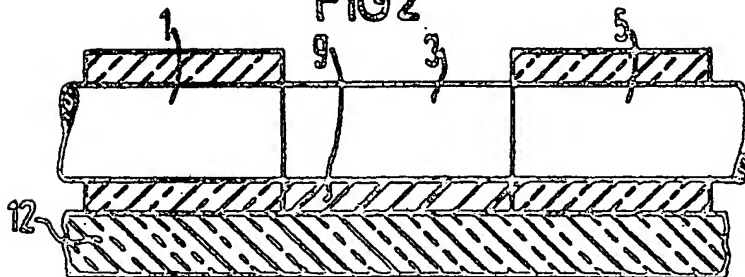
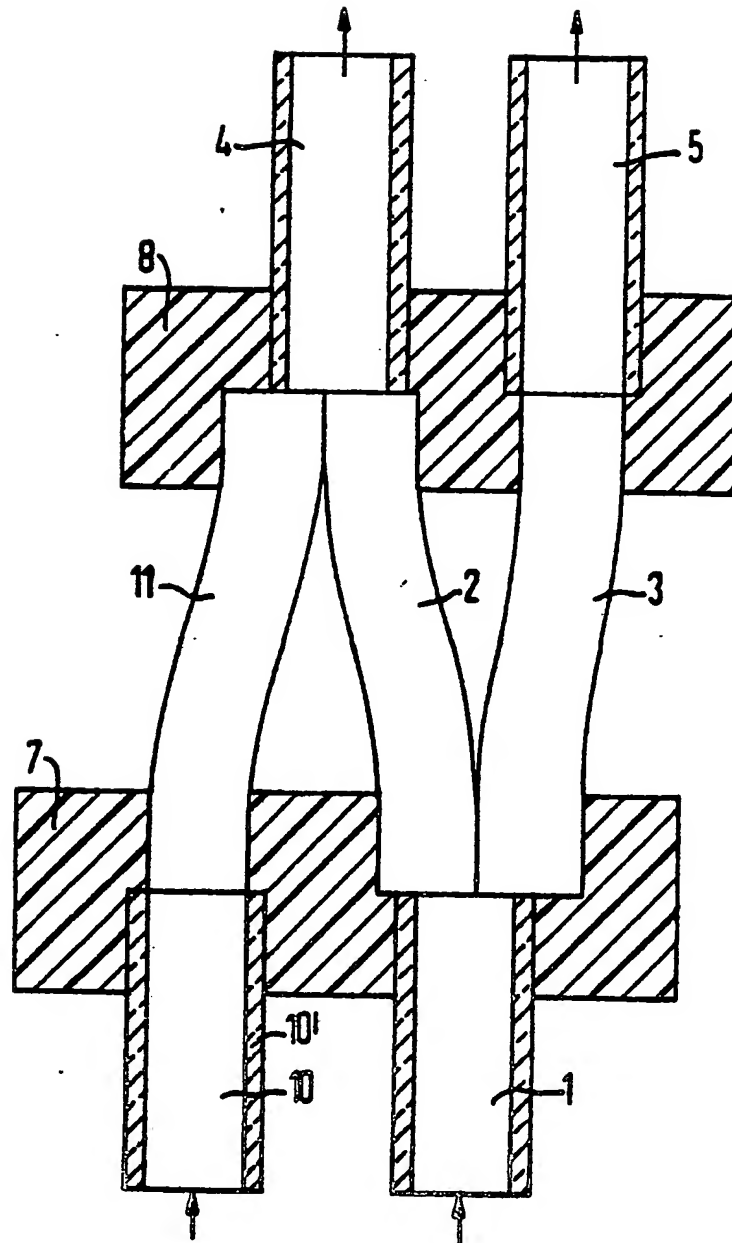


FIG 2



030045/0309

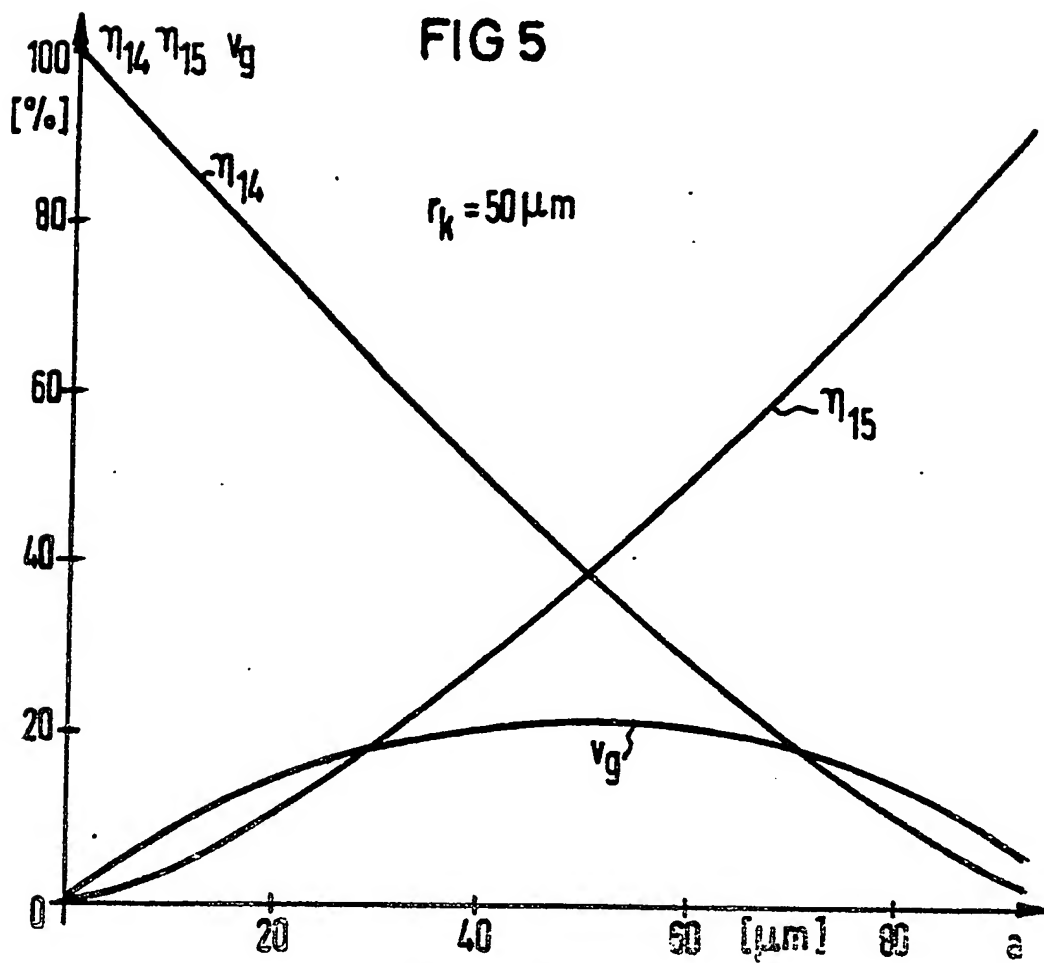
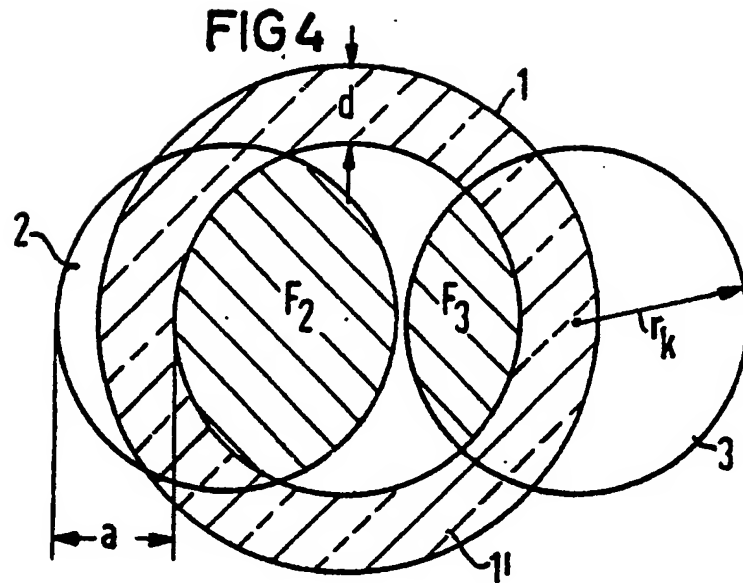
FIG 3



2916961

79 P 7 057 BRD

3/3



030045/0308